ANTHROPOMETRISCHE UNTERSUCHUNGEN ALS GRUNDLAGE EINER VERBESSERTEN ARBEITSSITZGESTALTUNG

Edmund Lamby

1981

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546818_0038

LEHRSTUHL UND INSTITUT FÜR ARBEITSPHYSIOLOGIE

DER TECHNISCHEN UNIVERSITÄT MÜNCHEN

DIR.: O. PROF. DR. MED. WOLF MÜLLER-LIMMROTH

ANTHROPOMETRISCHE UNTERSUCHUNGEN ALS GRUNDLAGE EINER VERBESSERTEN ARBEITSSITZGESTALTUNG.

Inaugural - Dissertation
zur Erlangung der
Doktorwürde in der gesamten Medizin
an der Ludwig-Maximilian-Universität zu München

vorgelegt von

Edmund L a m b y
Arzt

München 1981

Mit Genehmigung des Fachbereichs Medizin

der Universität München

Berichterstatter: o.Prof. Dr.med. Wolf Müller-Limmroth

Mitberichterstatter: o.Prof. Dr.med. Alfred Nikolaus Witt

Dekan: o.Prof. Dr.med. Wolfgang Spann

Tag der mündlichen Prüfung: 2. Juli 1981

UNIV. LEIDEN BIBL.

DISSERTATIONS - UND FOTODRUCK FRANK GmbH
8000 München 2, Gabelsbergerstraße 15, Tel. 2809090

Die Untersuchungen der vorliegenden Arbeit wurden in den Jahren 1978-1980 im Institut für Arbeitsphysiologie der Technischen Universität München durchgeführt, wofür ich dessen Direktor, Herrn Prof. Dr.med. Wolf Müller-Limmroth, sehr herzlich danke.

Mein Dank gilt außerdem Herrn Prof. Dr.med. Alfred Nikolaus Witt für die freundliche Übernahme des Koreferates und Herrn Priv.-Doz. Dr.Dr. Wilfried Diebschlag, Oberassistent am Institut für Arbeitsphysiologie der Technischen Universität München, für seine wissenschaftliche Betreuung.

ANTHROPOMETRISCHE UNTERSUCHUNGEN ALS GRUNDLAGE EINER VERBESSERTEN ARBEITSSITZGESTALTUNG

GLIEDERUNG

		Seite
1.	Zielsetzung der Untersuchung	6
2.	Einleitung	7
2.1	Vorbemerkung zur geschichtlichen Entwicklung von Sitzmöbeln	7
2.2	Einsatzbereiche für Sitzmöbel	10
3.	Anatomische und physiologische Grundlagen	11
3.1	Vor- und Nachteile des Sitzens	11
3.2	Sitzhaltungen	11
3.3	Sitzhaltung, ein Problem der Bandscheiben und der Rückenmuskulatur	13
3.4	Physiologisches Sitzen	17
4.	Notwendigkeit der Sitzmöbelverbesserung	18
4.1	Gestaltungskriterien für Sitzmöbel	18
4.2	Notwendigkeit der Sitzmöbelverbesserung anhand anthropometrischer Daten	20
5.	Experimentelle Untersuchungen	21
5.1	Anthropometrische Untersuchungen	21
5.1.1	Über die Vergleichbarkeit von anthropometrischen Daten	21
5.1.2	Technisches Gerät und Meßmethode	24
5.1.3	Auswahl der Versuchspersonen	26
5.1.4	Ergebnisse und Statistik	28
5.1.4.1	Rückenlängsprofile	28
5.1.4.2	Rückenquerprofile	33
5.1.4.3	Längen-, Gesäß- und Oberschenkelmaße	37

5.2	Notwendigkeit weiterer Untersuchungen	40
6.	Diskussion der Ergebnisse	41
7.	Zusammenfassung	47
8.	Literaturverzeichnis	50
9.	Lebenslauf	55

1. Zielsetzung der Untersuchung

1974 stellten das Bundesministerium für Forschung und Technologie und das Bundesministerium für Arbeit und Sozialordnung ein Programm zur Humanisierung des Arbeitslebens vor. Für dieses Programm wurden folgende Ziele formuliert: Es sollen menschengerechte Arbeitstechnologien entwickelt und beispielhafte Vorschläge und Modelle für die Arbeitsorganisation und die Gestaltung von Arbeitsplätzen erarbeitet, verbreitet und angewandt werden.
Auf rund eine halbe Milliarde DM summieren sich mittlerweile die Ausgaben des Bundes, die zur Realisierung des Programms bereitgestellt wurden. Bisher konnten im Programm zur Humanisierung des Arbeitslebens etwa 300 Forschungsvorhaben abgeschlossen werden, rund 360 Projekte laufen zur Zeit /13, 38/.

Die vorliegende Untersuchung ist Teil eines dieser Forschungsvorhaben, das unter dem Arbeitstitel "Untersuchung von Arbeitssitzen mit verformbaren Rückenlehnen", Kennzeichen 01 VD 037 - ZA - TAP 0011, vom Bundesministerium für Forschung und Technologie in Auftrag gegeben wurde.

Aufgabe dieser Arbeit war es, den Teilaspekt "Rückenlehne" unter Berücksichtigung anatomischer und physiologischer Grundlagen zu untersuchen.
Insbesondere sollten zur Gestaltung des Rückenlehnenprofils Maße gekrümmter Rückenflächen und anthropometrische Untersuchungen mit einem zu diesem Zweck konstruierten Meßgerät ermittelt werden.

2. Einleitung

2.1 Vorbemerkung zur geschichtlichen Entwicklung von Sitzmöbeln

Viele der heute noch lebenden Naturvölker kennen das Sitzmöbel nicht: Sie kauern, knien oder hocken. Auch der wandernde Mensch der Vorzeit in seinen ständig wechselnden Unterkünften setzte sich einfach auf den Boden; wollte er sich über diesen erheben, so nutzte er eine natürliche Gegebenheit. Erst als der Mensch seßhaft wurde und Ackerbau betrieb, schuf er sich eine bleibende Heimstatt und stattete das Unbewegliche mit Beweglichem (= mobilis = Möbel) aus. Mit der Axt ließen sich aus Teilen eines Baumstammes primitive Sitzmöbel herstellen, einfache Klötze oder brettartige Teile mit stehengelassenen Aststümpfen als Stützen oder auch schon die sogenannten Baumsessel mit Rückenlehne. Das Primitivsitzmöbel der Vorzeit hat Jahrtausende lang die gleiche Form behalten und sich nur in Nebensächlichkeiten verändert. Als das einfache, reine Zweckmöbel aus einer Platte und 3-4 Stützen, die diese tragen, findet man es heute noch - als Hocker oder Schemel - in Küche, Scheune, Stall und Werkstatt.

Auf das Primitivsitzmöbel der Vorzeit folgte in der Bronzezeit der aus mehreren Teilen konstruierte Faltstuhl, der Allgemeingut der unterschiedlichen Kulturvölker wurde, denn er ist in besonderem Maße mobil. Er zeigte in den Grundzügen die heute noch gebräuchliche Form des Feldstuhls mit scherenartig gekreuzten Stützen, die einen Ledersitz tragen und auf Fußschienen aufsitzen (s. Abb. 1).
Neben dem Faltstuhl entwickelte sich gleichzeitig der Brettstuhl. Sein wesentliches Merkmal war der massive Sitz mit Leisten an der Unterseite, in die Beine und Rückenlehne eingebohrt waren. Bei Belastung spreizten sich die schräggestellten Beine und klemmten sich damit fest.
Ebenso alt ist wahrscheinlich der Sprossenstuhl, den man schon auf mesopotamischen Reliefs aus dem dritten Jahrtausend v. Chr. findet, wahrscheinlich die älteste Stuhldarstellung überhaupt /26/.

Hierbei war der rechteckige Sitzrahmen aus gedrechseltem Holz in die senkrechten Vorder- und Hinterbeine eingelassen. Die Hinterbeine verliefen in einem Stück über das Niveau der Sitzfläche hinaus und bildeten die Seitenstreben der Rükkenlehne. Der Sitzrahmen war zu einem biegsamen Sitz ausgeflochten.
Als vierte Bauart in der Sitzmöbelgestaltung entwickelte sich der Zargenstuhl. Die Zarge ist eine Art Rahmen, in dessen Ecken die Beine eingesetzt sind. Dieser Stuhl ermöglichte wie keine andere Bauart eine so vielseitige Ausgestaltung, daß er eindeutig zu den meistgebrauchten Typen der Sitzmöbel gehört. Die verschiedenen Stuhltypen wie Falt-, Brett-, Sprossen- und Zargenstuhl wurden diesseits der Alpen erst im 16. Jahrhundert mit dem Erstarken des Bürgertums und dem Aufblühen des Kunsthandwerks zu einem allgemeinen Gebrauchsgegenstand.

Daneben veränderte und entwickelte sich das Sitzmöbel nach Wünschen und Ansprüchen der Benutzer. Die Grundform erfuhr vielfältige Bereicherung durch Verstrebung und Erhöhung der Stützen, durch Rücken- und Armlehnen, durch Polsterung und Verzierung. Die jeweilige Gesellschaft schaffte sich die entsprechende Form. Man saß auf einem gepolsterten Stuhl mit geneigter Rückenlehne eben angenehmer als auf einem harten, im Sitz- Lehnenbereich rechtwinkelig zugeschnitten.

Die Geschichte des Sitzmöbels und damit verbunden die Geschichte des Sitzens bildet einen aufschlußreichen Teil der Kultur- und Sittengeschichte. Seit alters her waren gewisse soziologische Funktionen mit dem Gegenstand Stuhl verknüpft, der Sitz wurde zum Statussymbol: Der Häuptling allein durfte auf einem Hocker erhöht sitzen. Es entstanden allmählich Sitze, deren Statuswert in ihrer Größe und Verzierung zum Ausdruck kam. Die höchste Stufe dieser kulturhistorischen Entwicklung wurde mit den prunkvollen Thronen ("thronos" - Stuhl - Herrschersitz) erreicht. Somit war der Stuhl jahrhundertelang in seiner Ausnahmestellung und Exklusivität ein Symbol für

Rang und Würde, was im heutigen Sprachgebrauch noch in Begriffen wie "Herrensitz", "Heiliger Stuhl", "Richterstuhl" oder "Lehrstuhl" fortlebt /10, 26, 53/.

Wirft man heute einen Blick in einen Verkaufsprospekt einer Büromöbelfabrik, erkennt man bald, daß die Statusfunktion des Stuhls bis in unsere Tage erhalten geblieben ist.

Abb. 1: Attischer Faltstuhl um 520 v. Chr.
Zeus, Malerei auf einer Bauchamphore /26/.

2.2 Einsatzbereiche für Sitzmöbel

Die Einsatzbereiche für Sitzmöbel nehmen ständig zu, seitdem den Bedürfnissen des Menschen am Arbeitsplatz mehr Beachtung geschenkt wird (s. Kap.1) und sich die Einsicht durchgesetzt hat, daß die Vorteile sitzender Arbeitsweise die einer stehenden übertreffen (s. Kap. 3.1). In Produktionsbereichen, in denen eine rein sitzende Arbeitsweise nicht zu realisieren ist, werden nach Möglichkeit Stehhilfen eingesetzt.

Hinzu kommt, daß sich mit ständig fortschreitender Automatisierung im anbrechenden Zeitalter der Mikroprozessoren die Tätigkeit des arbeitenden Menschen immer mehr von der reinen Fertigungsarbeit entfernt und zu mehr administrativer und organisatorischer Tätigkeit und damit an den Schreibtisch verlagert; die noch in der Fertigung stehenden Arbeitnehmer werden durch die Entwicklung neuer Produktionstechniken und Arbeitssysteme immer mehr von den Handarbeiten weg zu Maschinenarbeiten, Steuertätigkeiten und Überwachungsfunktionen geführt.

Schon rund 75 % der Arbeitnehmer in den industrialisierten Ländern üben heute ihre Tätigkeit im Sitzen aus /19/ und dies durchschnittlich acht Stunden pro Tag, was eine Vorstellung von der zentralen Bedeutung des Arbeitssitzes an Millionen von Arbeitsplätzen geben mag.

Die nachfolgende Auflistung gibt einen Überblick über Einsatzbereiche für Sitzmöbel:

- Sitzmöbel für Schreibtischtätigkeit (Bürostühle, Unterrichtsmobiliar)
- Sitze und Stehhilfen im Produktionsbereich (Industrie, Werkstatt)
- Sitze für Steuerstände beweglicher Maschinen (Kran, Bagger, Gabelstapler, Landmaschinen)
- Sitze zur Personenbeförderung (Pkw, Bahn, Flugzeug, Schiff)
- Sitzmöbel für Freizeit und Erholung
- spezielle Behandlungsstühle (Zahnarzt, Gynäkologie, Friseur)
- Orthopädische Sitzgelegenheiten (Rollstühle).

3. Anatomische und physiologische Grundlagen

3.1 Vor- und Nachteile der Sitzhaltung

Von den möglichen Körperhaltungen am Arbeitsplatz gilt der rhytmische Wechsel zwischen Stehen und Sitzen als empfehlenswert, um einseitigen mehrstündigen Körperbelastungen entgegenzuwirken; daneben gibt es Arbeitsplätze, an denen ausschließlich gestanden oder gesessen werden muß.
Obgleich der Mensch phylogenetisch nicht für ständiges Sitzen angelegt war, kann die Sitzhaltung dennoch als eine relativ günstige Arbeitshaltung angesehen werden, denn die Vorteile der sitzenden Arbeitsweise sind /1,3,4,5,16,17,18,19,23,37, 40-47,48,61,63-65,67,68/:

- Entlastung der Beine, da der Mensch beim Stehen unter kontinuierlichem Aufwand an statischer Muskelarbeit die Gelenke in Füßen, Knien und Hüften ständig fixieren muß, und damit
- reduzierter Energieverbrauch durch geringere Muskelaktivität um etwa 8-14 % /17/,
- Entlastung des Kreislaufs durch Minderung des hydrostatischen Blutdrucks in den Beinen und damit Minderung der Ausbildung von Knöchelödemen und Varizen /6,17/.

Diesen Vorteilen stehen allerdings auch Nachteile gegenüber:

- Gefahr der Entwicklung eines Rundrückens,
- Erschlaffung der Bauchmuskulatur (Sitzbauch),
- Beeinträchtigung der Funktion innerer Organe, insbesondere der Atmungs- und Verdauungsorgane,
- Belastung, statt Entlastung von Rückenmuskulatur und Wirbelsäule /2, 37/ mit all den Einzelbeschwerden, die unter den Bezeichnungen Cervikal-, Cervico-Brachial- und Vertebralsyndrom zusammengefaßt werden (s. Kap. 3.3).

3.2 Sitzhaltungen

Die Abhängigkeit der Sitzhaltung von der Gestaltung der Sitzmöbel wurden schon 1867 /37/ beschrieben, wobei man eine

vordere von einer hinteren Sitzhaltung unterschied. Eine Modifizierung wurden von SCHOBERTH vorgenommen /63/, der in Abhängigkeit von verschiedenen Tätigkeiten am Arbeitsplatz auch eine mittlere Position beschrieb, so daß man heute folgende Sitzhaltungen unterscheidet:

Vordere Sitzhaltung:

- Rumpf vornübergebeugt,
- Kyphose des gesamten Rückens,
- Öffnungswinkel in der Leistenbeuge $< 90^{\circ}$,
- Schwerpunkt ventral der Körperachse,
- Arbeitshaltung ohne Lehnenkontakt,
- ventralseitiger Bandscheibendruck in Lendenwirbelhöhe L_3/L_4: $P_v > P_m$ (Bandscheibendruck in vorderer Sitzhaltung (P_v), in mittlerer (P_m), in hinterer (P_h).

Mittlere Sitzhaltung:

- Rumpfstellung aufrecht,
- je nach Anspannung der Rumpfmuskulatur mehr oder minder starke Ausprägung von Hals- und Lendenlordose sowie Brust-Kyphose,
- Öffnungswinkel in der Leistenbeuge $90\text{-}95^{\circ}$,
- Schwerpunkt in der Körperachse,
- leichter Lehnenkontakt möglich,
- Bandscheibendruck P_m= ca. 50 N/ cm^2

Hintere Sitzhaltung

- Rumpf rückwärts geneigt,
- je nach Höhe und Formgebung der Rückenlehne Ausbildung der natürlichen Rückenform,
- Öffnungswinkel in der Leistenbeuge $> 95^{\circ}$,
- Schwerpunkt dorsal der Körperachse,
- mit zunehmender Neigung Übergang in entspannte Haltung (Ruhestellung) bei gutem Lehnenkontakt,
- Bandscheibendruck $P_h < P_m$ /48/.

3.3 Sitzhaltung, ein Problem der Bandscheiben und der Rückenmuskulatur

Erhöhter Bandscheibendruck - er beträgt ungefähr das Eineinhalbfache der vertikalen Last der darüber liegenden Körperteile (Schwerkraft + angreifende Kräfte der Muskulatur und der Bänderzuggurtung) /48/ - bedingt ihre beschleunigte Abnutzung mit all den Erscheinungsbildern degenerativer Bandscheibenerkrankungen. Er fördert - nicht verursacht - einen Prozess, der in der Bundesrepublik Ursache für 20 % der Arbeitsniederlegungen und 50 % der vorzeitig gestellten Pensionierungsanträge ist /33/.

Wie NACHEMSON, YAMAGUCHI und ANDERSON /2,42,69/ nachwiesen, ist der Bandscheibendruck in mittlerer und insbesondere in vorderer Sitzhaltung um 40 bzw. 90 % höher als im Stehen (s. Abb. 2) und erniedrigt sich andererseits in der hinteren Sitzhaltung auf Werte $< P_m$.

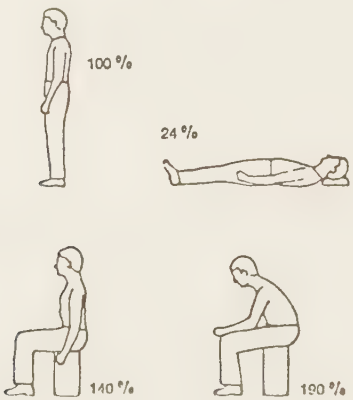


Abb. 2: Der Einfluß der Körperhaltung auf den Druck im Innern der Bandscheibe zwischen Lendenwirbel L_3 und L_4. Der Druck beim aufrechten Stehen = 100 %
NACHEMSON /19 nach 48 /

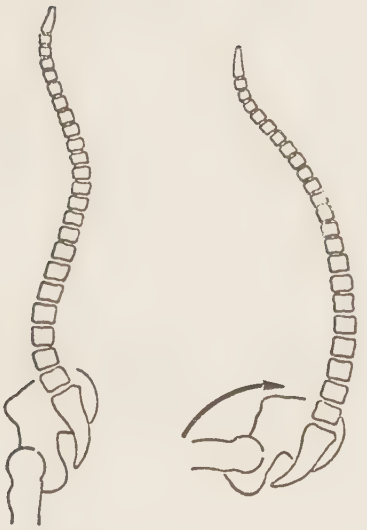


Abb. 3: Schema der Gesamtwirbelsäulen- und Beckenbewegung beim Übergang vom Stehen zum Sitzen. Links: Aufrechtes Stehen. Rechts: Sitzhaltung /19/.

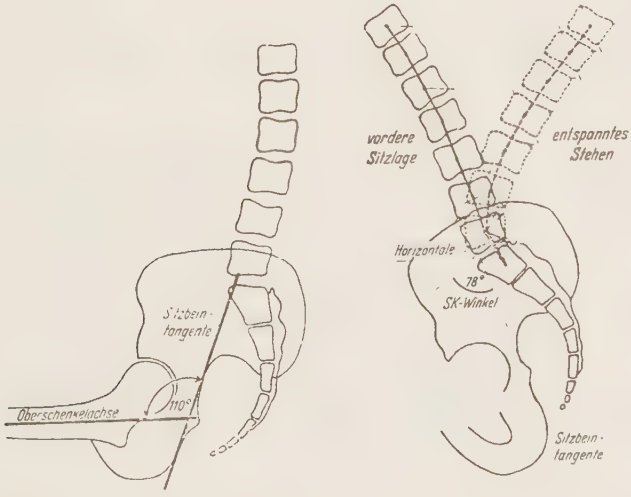


Abb. 4: Derselbe Vorgang wie in Abb. 3, hier nur der Bewegungsaspekt von LWS und Becken /63/.

Die Erklärung ergibt sich aus der Mechanik des Beckens und des Kreuzbeins: Beim Übergang vom Stehen zum Sitzen (s. Abb. 3, 4)

- hebt sich der Oberschenkel,
- dreht sich der Beckenrand nach hinten,
- ändert sich die Form der Lendenwirbelsäule von der Lordose zur Kyphose.

Die Drehung des Beckens nach hinten bewirkt also eine Kyphosierung der Wirbelsäule, was vor allem zu einer Erhöhung des ventralseitigen Drucks in den Bandscheiben, besonders im Bereich L_2 bis L_5, führt. Dieser Mechanismus ist also der Grund des erhöhten Bandscheibendrucks beim Sitzen, insbesondere bei vorderer Sitzhaltung, weshalb von vielen Orthopäden eine mittlere, aufrechte Sitzhaltung gefordert wird.

Dieser Forderung muß man jedoch entgegenhalten, daß bei einer leicht nach vorn gebeugten Sitzhaltung mit teilweiser Abstützung der Arme auf der Arbeitsfläche - im Gegensatz zur mittleren, aufrechten Sitzhaltung - die Rückenmuskulatur weniger beansprucht und somit die Haltung entspannter und bequemer wird, ein Sachverhalt, der allgemein bekannt ist (Kutscherhaltung) und der als meßbares Kriterium der Sitzhaltung durch elektromyographische Untersuchungen von LUNDERVOLD /36/ und durch Messungen des Instituts für Arbeitsphysiologie der Technischen Universität München bestätigt wurde. Daraus entsteht ein Konflikt zwischen den Bedürfnissen der Bandscheiben und denen der Muskulatur. Für die Bandscheiben ist eine aufgerichtete, mittlere Sitzhaltung zweckmäßig, für die Muskulatur eine leicht gebeugte Rumpfhaltung, und für beide wäre eine nach rückwärts geneigte Sitzhaltung die beste, da mit zunehmender Neigung der Rückenlehne sowohl die Belastung der Bandscheiben als auch die statische Beanspruchung der Rückenmuskulatur abnimmt (s. Abb. 2,5).

Schließlich muß in diesem Zusammenhang noch erwähnt werden, daß die Belastung der Bandscheiben, die nicht vaskularisiert sind, zu einem Diffusionsgefälle von innen nach außen führt,

sodaß die Gewebeflüssigkeit mit ihren Stoffwechselprodukten vom Inneren der Bandscheibe nach außen fließt und daß sich bei Entlastung das Diffusionsgefälle umkehrt und Nährstoffe mit der Gewebeflüssigkeit von außen nach innen gelangen /33/. Eine wechselnde Änderung der Sitzhaltung und damit ein Wechsel von Ent- und Belastung der Bandscheiben sichert also deren Ernährung.

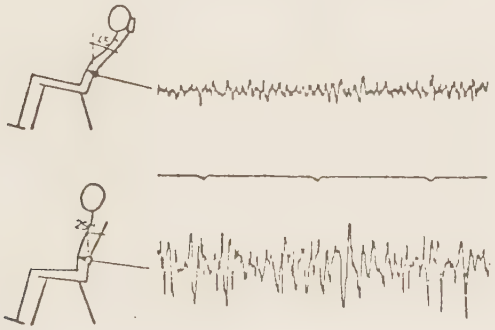


Abb. 5: Muskelaktionspotentiale der Lendenmuskeln bei unterschiedlicher Neigung der Rückenlehne /59/.

3.4 Physiologisches Sitzen

Aus den vorstehend dargelegten anatomischen und physiologischen Zusammenhängen folgt also zwingend:

Da einerseits sowohl die vornübergebeugte als auch die aufrechte Sitzhaltung ihre Vor- und Nachteile hat und andererseits nur die rückwärtsgeneigte Sitzhaltung alle Nachteile ausschließt und alle Vorteile in sich vereint, sollte eine sitzende Arbeitsweise nie in einer bestimmten, statischen Dauerhaltung verharren, sondern sich im abgestimmten Wechsel zwischen vorgeneigter Arbeits- und zurückgelehnter Entspannungshaltung bewegen: Physiologisches Sitzen bedeutet also dynamisches Sitzen.
Dabei sollte während der vorgeneigten Arbeitshaltung die Beckenlage so abgestützt werden, daß ein Abkippen nach hinten und damit die folgenschwere Kyphosierung der Lendenwirbelsäule weitgehend vermieden wird. Die Entspannungslage sollte vorzugsweise für alle diejenigen Büroarbeiten gewählt werden, bei denen auf die Tischplatte als Arbeitsunterlage verzichtet werden kann, wie z.B. beim Lesen, Diktieren, Telephonieren u.ä. (s. Abb. 6).

Abb. 6: Aufrechte und zurückgelehnte Körperhaltung für zwei verschiedene Tätigkeiten bei einem beweglichen Bürostuhl

4. Notwendigkeit der Sitzmöbelverbesserung

4.1 Gestaltungskriterien für Sitzmöbel

Um als Hersteller von Sitzmöbeln die in Kap. 3.4 aufgestellten Forderungen hinsichtlich der Sitzhaltung bei der Stuhlkonzeption berücksichtigen zu können, bedarf es entsprechender Empfehlung als Grundlage einer verbesserten Sitzmöbelgestaltung.

Wesentliche Forderungen für Bürodrehstühle mit und ohne Verstellbarkeit der Rückenlehne sind zwar in DIN 4551 und 4552 und für Unterrichtsbestuhlung in DIN 68970 angegeben; aber die hier aufgestellten Richtlinien sind noch unzureichend und lückenhaft.

Die Empfehlungen sollten folgende Kriterien für die Konzeption von Sitzmöbeln enthalten:

- die geforderte wechselnde Änderung der Sitzhaltung sollte durch automatische Verstelleinrichtungen des Sitzes möglich sein,
- die Mechanik der Verstelleinrichtungen, die Formgestaltung des Sitzes, insbesondere die Ausformung von Sitzfläche und Rückenlehne und sämtliche Abmessungen sollten den anthropometrischen, anatomischen und physiologischen Grundlagen entsprechen.

Dies wiederum erfordert

- eine Berücksichtigung der Körpermaße (DIN 33402) und Körperformen im Sitzbereich (Rückenquer- und Längsprofile, Gesäßmaße, Oberschenkelmaße bei Eigenbelastung durch das Körpergewicht auf verschieden harter Auflagefläche),
- eine Reduzierung der Haltearbeit von Muskel- und Bandapparat,
- eine Verminderung des Drucks auf die Zwischenwirbelscheiben,

- den Abbau von Druckmaxima über der Sitzfläche im Bereich der Sitzbeinhöcker und schließlich
- die Prüfung der im Sitz- und Lehnenaufbau verwendeten Materialkombinationen auf Gebrauchsverhalten und Mikroklima, wie z.B. schnellen Wärme- und Hautfeuchteabtransport u.a.

Untergestell	Sitzfläche	Rückenlehne	Armstützen	Nacken- u. Kopfstütze	Verstell-elemente	Sitzmöbel
Standsicherheit des Fußsterns; Zahl der Standarme	Abmessungen Verstellbarkeit	(verstellbar oder fest), (Höhen, Neigungen)			Abmessungen	Lebensdauer
Rollen, Gleiter (DIN 68131)	Formgebung	(flexibel oder starr)			Formgebung	optische Gefälligkeit, Design
Trittfester Belag auf dem Fußstern	Materialauswahl Materialprüfung	(Materialparameter, Gebrauchsverhalten),			Material-auswahl	Kosten
	Gebrauchsverhalten	(Festigkeit, Korrosion, Gleitverhalten, Verschleiß, Reinigung von Oberflächen)			Handhabung, Bewegungsrichtung	
	Flächenpressung	(Federung, Polsterung)			Zugänglichkeit, Anforderung	
	Mikroklima	(Wärme- und Feuchteabgabe) im Kontaktbereich Mensch/Kleidung - Sitzmöbel			Kraftaufwand	

Tab. 1: Gestaltungskriterien für Sitzmöbel

4.2 Notwendigkeit der Sitzmöbelverbesserung anhand anthropometrischer Daten

Im neuen Betriebsverfassungsgesetz wird in den §§ 90 und 91 die Gestaltung von Arbeitsplatz, Arbeitsablauf und Arbeitsumgebung geregelt. In diesem Sinne sind auch der § 25/1 der Arbeitsstättenverordnung vom 20.3.1975 und die zugehörigen Arbeitsstätten-Richtlinien vom Juni 1976 in Verbindung mit entsprechenden Forderungen der Gewerbeordnung zu interpretieren.
Bei einer neuen Arbeitsplatzeinrichtung - so die konkreten Forderungen des Betriebsverfassungsgesetzes - sind die arbeitswissenschaftlich gesicherten Erkenntnisse über die menschengerechte Gestaltung der Arbeit zu berücksichtigen.

Grundlage der Gestaltung von Arbeitsplätzen - und hier in besonderem Maße von Sitzgelegenheiten - ist die Kenntnis der Körpermaße des Menschen, eine Forderung, die auch in den VDI-Richtlinien 2780-2783 aufgenommen wurde: "Bei der Arbeitsplatzgestaltung ist von den anthropometrischen Daten auszugehen, um durch menschengerechte Auslegung zu einer Konstruktion zu gelangen, die dem Wohlbefinden und damit der Leistungsfähigkeit förderlich ist".

DIN 33402 gibt für unbekleidete Zwanzigjährige einige wichtige Längenmaße, jedoch keine Abmessungen gekrümmter Körperflächen an.
Für die Formgebung und Materialauswahl eines jeden Sitzes sind jedoch auch solche Maße unentbehrlich. Trotz anthropometrischer Meßdaten von JÜRGENS et al. /29/, LEWIN /35/, OXFORF /50/, PETERS /53/, SIMON /67/ u.a. reichen diese Daten zur Gestaltung von Sitzgelegenheiten nicht aus, weshalb mit dem nachfolgend beschriebenen, neuen Meßgerät Vermessungen an der Dorsalseite von Erwachsenen vorgenommen wurden.

5. Experimentelle Untersuchungen

5.1 Anthropometrische Untersuchungen

5.1.1 Über die Vergleichbarkeit von anthropometrischen Daten

Eine wesentliche Voraussetzung für jede wissenschaftliche Untersuchung sind Genauigkeit und Reproduzierbarkeit der Meßdaten und damit die Vergleichbarkeit der Ergebnisse. Es hat daher in der Geschichte der naturwissenschaftlichen Anthropologie wiederholt Bemühungen um eine Standardisierung der anthropometrischen Technik gegeben /28/.
Ein noch heute international gültiges methodologisches Lehrbuch schrieb Rudolf MARTIN, der alle damals bekannten anthropometrischen Methoden und Maße zusammenfaßte/39/. Um eine Vergleichbarkeit der Meßergebnisse zu erreichen, schreibt MARTIN einheitlich und gut reproduzierbare Meßtechniken mit definierten biologischen Meßpunkten und Körperhaltungen vor. Bei der Meßanweisung für die Körperlänge empfiehlt er z.B. eine maximale Körperstreckung, der einfachste und zuverlässigste Weg, die Messungen zu vereinheitlichen. Nun ist es aber für zahlreiche Fragestellungen der Industrieanthropometrie und Ergonomie notwendig, physiologische Körperlängen zu bestimmen, wie z.B. die Körperlänge des in Ruhestellung Stehenden oder die Sitzhöhe (Stammlänge) des in leicht aufrechter "mittlerer Sitzhaltung" Sitzenden.
MARTIN's theoretische Standardisierung der Meßtechnik bezieht sich zu dem nur auf Längen-, Breiten-, Umfangs- und Bewegungsmaße; Weichteilmaße, die Messung der Exkursionsweite der Extremitäten, Beugewinkel und die Erfassung gekrümmter Körperflächen wie die des Rückens finden keine Berücksichtigung.

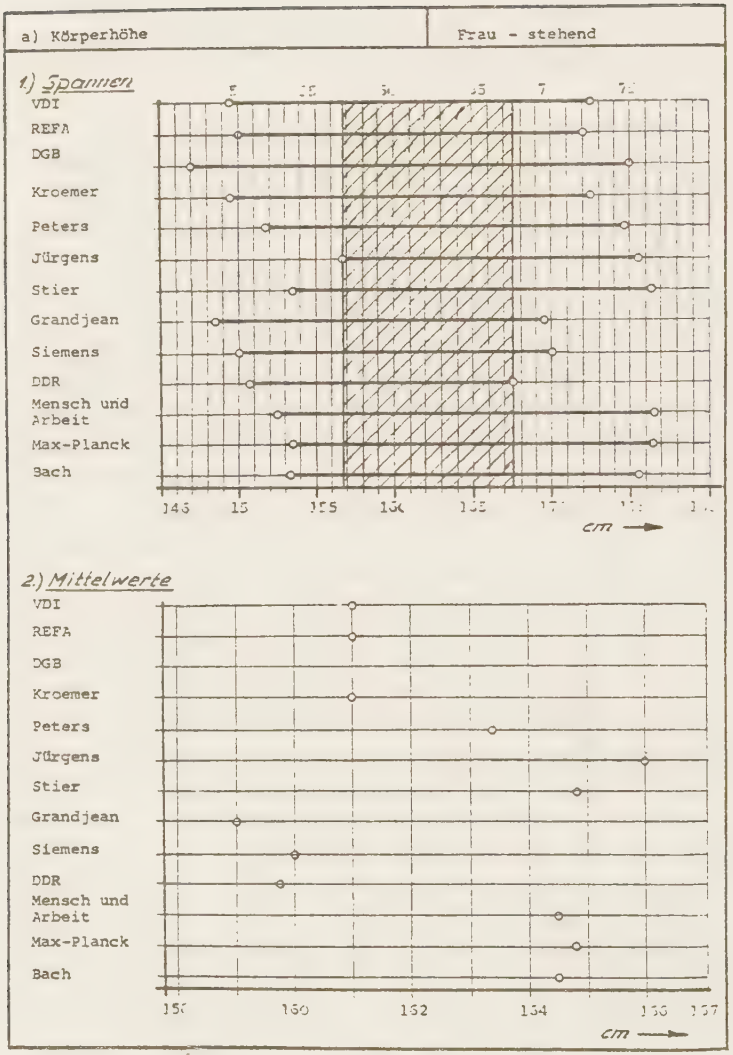
Aber selbst bei Einheitlichkeit in der anthropometrischen Methodik durch genau definierte Meßtechnik ist mit Meßfehlern zu rechnen, die nicht systematischer Natur sind, sondern von der Person des Untersuchers abhängen: einmal spielt eine individuelle Meßvariation ein und desselben Untersuchers bei

verschiedenen Messungen der gleichen Strecke eine Rolle, zum andern handelt es sich um Fehlmessungen, die bei verschiedenen Untersuchern bei einem Maß in charakteristischer Weise auftreten.

Schließlich sind abweichende Meßergebnisse der unterschiedlichen Interpretation einer vorgegebenen Meßtechnik zuzuschreiben.

Untersuchungen von JÜRGENS /27/ haben jedoch gezeigt, daß die individuellen Meßvariationen sich in kleinen Grenzen halten und als "üblich anzusehende Meßfehler, die auch bei Doppelmessungen ein und desselben Untersuchers auftreten", gut in Kauf genommen werden können.
Die mittlere Fehlerquote bei Körperlängenmessungen unter Standardbedingungen beträgt z.B. nur 5 mm, das entspricht - auf eine durchschnittliche Körpergröße von männlichen Personen von 175,3 cm bezogen - nur 0,03 %.
Dennoch ergeben sich bei der Gegenüberstellung bekannter wissenschaftlicher Meßergebnisse, wie sie von SIMON /67/ durchgeführt wurde, deckungsgleiche Bereiche für die Variationsbreite der Körpergröße bei männlichen Personen von nur 40,4 % und bei weiblichen Personen von nur 37 %. Insgesamt konnte bei den in die Auswertung einbezogenen Einzelmessungen in der Variationsbreite nur Übereinstimmung bis maximal 50 % festgestellt werden (s. Tab. 2).
Dieser überraschende Befund bedeutet, daß anthropometrische Daten nur dann vergleichbar und damit von praktischer Bedeutung sind, wenn die wesentlichste Voraussetzung, nämlich die genaue Beschreibung einer reproduzierbaren Untersuchungsmethodik und zwar hinsichtlich der Meßmethode, der Stichprobenauswahl und der statistischen Bearbeitung erfüllt ist.

Hält man sich vor Augen, daß die Gestaltung aller Arbeitsplätze ohne die Untersuchungen des Anthropometrikers nicht mehr denkbar ist, wird die Bedeutung vergleichbarer anthropometrischer Daten verständlich.



Tab. 2 : Gegenüberstellung anthropometrischer Maße mit Variationsweite und Mittelwerten: Körperhöhe von Männern - stehend (Literaturangaben).
Zur Verdeutlichung wurde bei den Variationsweiten der Bereich, der bei allen Literaturangaben dekkungsgleich ist, schraffiert hervorgehoben [60].

5.1.2 Technisches Gerät und Meßmethode

Zur Aufnahme der Rückenprofile wurde von DIEBSCHLAG et al. ein Meßgerät konstruiert, das aus folgenden Bauteilen besteht:

- Stativ,
- horizontaler Laufwagen mit Schreibplatte und Papierwickelvorrichtung,
- Abtast- und Schreibvorrichtung, die nach dem Storchschnabelprinzip funktioniert.

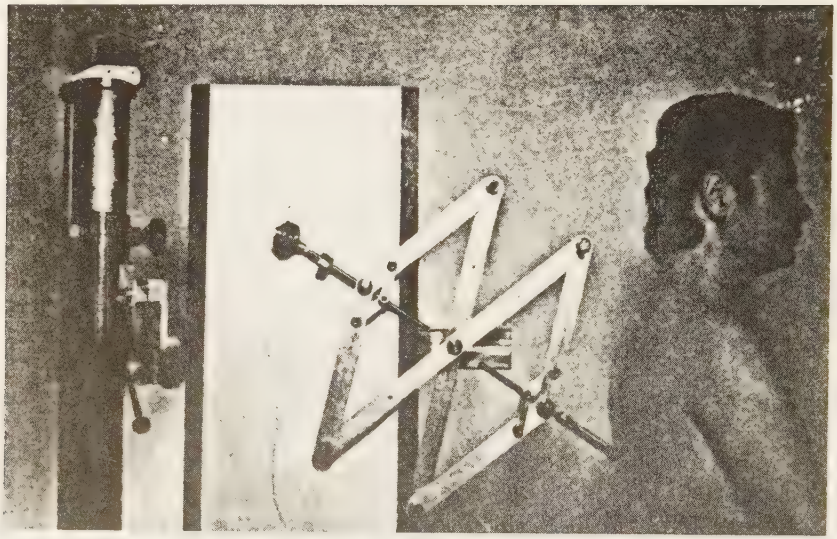
Es erfüllt folgende Forderungen:

- einfache und schnelle Bedienbarkeit für Messungen an großen Kollektiven,
- fahrbar; den Maßaufnahmen entsprechend höhen- und seitenverstellbar,
- Aufzeichnungsmaßstab der Körperkonturen M = 1:1 oder variabel, fortlaufend auf Papierrollen,
- einfach zu eichen; zerlegbar und transportierbar für den Einsatz außerhalb des Laboratoriums.

Das Meßprinzip beruht darauf, daß an einer Haltevorrichtung drehbar ein Storchschnabel befestigt ist, der an der einen Seite einen Abtaster und am gegenüberliegenden Ende einen Revolver für sechs farbige Schreibstifte trägt, die die abzutastenden Konturen in die schwenkbare Zeichenebene übertragen.

Die Versuchspersonen nahmen bei den Messungen eine leicht aufrechte, "mittlere Sitzhaltung" ein. Sie saßen dergestalt auf einem höhenverstellbaren Hocker mit ebener Sitzfläche, daß Ober- und Unterschenkel etwa einen rechten Winkel bildeten und die Unterschenkel senkrecht zum Boden standen.

Bei der Ausarbeitung und Konstruktion des oben beschriebenen Gerätes ergaben sich weiterführende Konstruktionsmöglichkeiten, die wesentlich zur Rationalisierung des Meßvorganges beitrügen sowie eine schnellere und umfangreichere Ausarbeitung zuließen: Es wäre möglich, die Körperkonturen elektro-



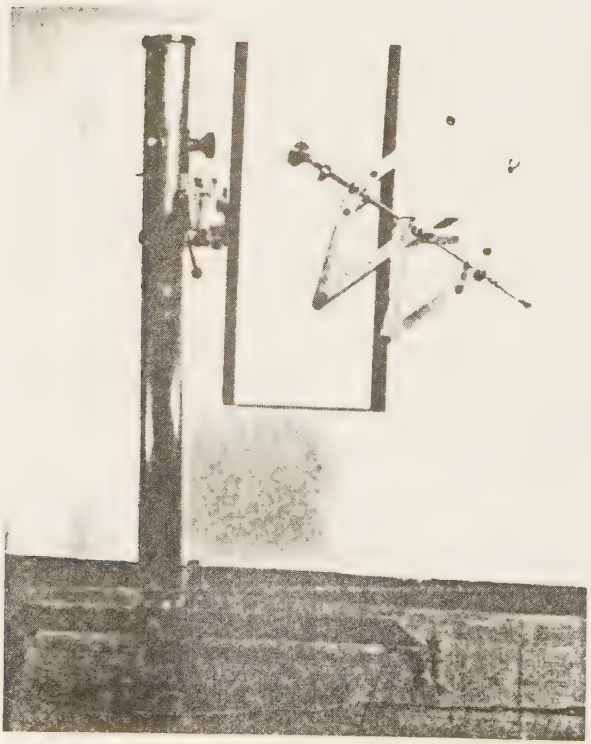


Abb. 7 und 8:
Meßgerät zur Aufnahme der Rückenlängs- und Rückenquerprofile

nisch aufzunehmen, z.B. mit einem Winkelkodierer (im Falle einer Weiterverwendung des Storchschnabelprinzips) und einem Linearaufnehmer. Beide Aufnehmer zusammen liefern Zylinderkoordinaten, die in einen Rechner eingespeist und dort in kartesische Koordinaten umgerechnet werden können. Mit diesen Koordinaten könnte man ein Bild des Körpers erhalten, speichern und je nach den Möglichkeiten des Rechners auswerten:

- die Verzerrungen durch die Abtastrolle könnten automatisch eliminiert werden,
- die umgerechneten Koordinaten könnten sofort in einen X-Y-Schreiber eingegeben werden und ohne größeren Aufwand vergrößert oder verkleinert werden,
- bei geeigneter Programmierung des Rechners könnten sofort bestimmte, für die Auswertung notwendige Abstände, Krümmungsradien usw. ermittelt werden.

Die Ermittlung der Längen-, Gesäß- und Oberschenkelmaße erfolgte nach den methodischen Forderungen von MARTIN /39/ mit den klassischen anthropometrischen Hilfsmitteln, wie Anthropometer, Tasterzirkel und Meßband.

5.1.3 Auswahl der Versuchspersonen

Das Untersuchungskollektiv bestand aus 100 erwachsenen Versuchspersonen (50 Männer und 50 Frauen). Die Altersverteilung lag zwischen 20 und 60 Jahren, wobei jeweils eine numerisch gleiche Verteilung zwischen 20 und 40 Jahren und zwischen 40 und 60 Jahren gewählt wurde. Die Beschränkung auf die oben angegebene Altersverteilung erfolgte unter dem Aspekt einer größtmöglichen Repräsentanz der sitzend arbeitenden Bevölkerung. Außerdem wurde berücksichtigt, daß neben den Merkmalskombinationen klein-leicht, mittelgroß-mittelschwer, groß-schwer auch die Kombination klein-mittelschwer und groß-mittelschwer vertreten waren. Versuchspersonen mit extremen Merkmalskombinationen oder mit Haltungsschäden wur-

den nicht für die Versuche ausgewählt.
Die Versuchspersonen wurden unbekleidet vermessen und gewogen. Vergleicht man die in Tab. 3 gegenübergestellten Körpergewichte der untersuchten, unbekleideten Personen mit den Angaben des Geigy-Tabellenwerks /14/, so stellt man fest, daß letztere im Mittel um 17 N höher liegen. Dieser Sachverhalt erklärt sich aus dem Umstand, daß die Geigy-Probanden in Hauskleidern gewogen wurden.

Unter Berücksichtigung dieser Tatsache können die Zahlen als weitgehend übereinstimmend und die 100-köpfige Testpersonengruppe als repräsentative Stichprobe angesehen werden. Die Repräsentanz der Stichprobe wird auch durch das hohe Maß an Übereinstimmung der am Untersuchungskollektiv gemessenen Längen-, Gesäß- und Oberschenkelmaße (s. Kap. 5.1.4.3) mit den Tabellenwerten nach DIN 33402 belegt.

Kenngrößen			♂ + ♀	♂	♀
Anzahl n			100	50	50
Körpergröße [cm]			171,8 ± 11,1	178,1 ± 6,5	165,3 ± 6,0
Gewicht [N]	20-60 Jahre	gemessen	683,4 ± 121,6 (n = 100)	751,7 ± 107,8 (n = 50)	614,9 ± 93,8 (n = 50)
		nach GEIGY-Tab.	700,2	771,7	628,6
	20-40 Jahre	gemessen	654,5 ± 118,1 (n = 50)	732,4 ± 100,3 (n = 25)	576,5 ± 76,3 (n = 25)
		nach GEIGY-Tab.	673,1	749,7	596,5
	40-60 Jahre	gemessen	712,2 ± 120,1 (n = 50)	771,1 ± 114,9 (n = 25)	653,3 ± 96,1 (n = 25)
		nach GEIGY-Tab.	727,2	793,6	660,7

Tab. 3: Größen und Gewichtsdaten ± Standardabweichung des Untersuchungskollektivs (100 Personen) im Vergleich zu den Angaben des Geigy-Tabellenwerks

5.1.4 Ergebnisse und Statistik

5.1.4.1 Rückenlängsprofile

Abb. 8 veranschaulicht, daß jedes Längsprofil spiegelbildlich auf der vertikal und in Sagittalrichtung zur Versuchsperson stehenden Schreibplatte aufgenommen wurde, d.h. daß nach Spiegelung der Kurve an einer Horizontalen die dem sitzenden Menschen entsprechende Profillinie ermittelt wurde.
Für die beschriebene Normalhaltung wurde das Längsprofil abwärts vom gut palpierbaren 7. Halswirbel bis 7 cm über der Sitzfläche aufgenommen. Dieses untere Maß (bis zum Beginn der rima ani) konnte mit der beschriebenen Meßmethode bei den 100 Versuchspersonen gerade noch übertragen werden.

Die Abb. 9 und 10 veranschaulichen die mit dem Profilmeßgerät aufgenommenen Längsprofile. In Abb. 9 ist abwärts vom 7. Halswirbel das mittlere Längsprofil des Gesamtkollektivs (100 Personen) bei entspannter, leicht aufrechter "mittlerer Sitzhaltung" dargestellt und jeweils gesondert dasjenige für 50 Frauen und 50 Männer. Die Profilunterschiede bei Mann und Frau sind nicht wesentlich ausgeprägt; die Männer weisen lediglich eine etwas stärkere Kyphose der Brustwirbelsäule auf.

Abb. 10 zeigt das Wirbelsäulenlängsprofil des Gesamtkollektivs für beide Geschlechter, aufgeschlüsselt nach Normalrücken einschließlich Steilstellung und Rundrücken. Zuordnungskriterien für die erste Gruppe war das Vorhandensein eines Wendepunktes zwischen Brustkyphose und Lendenlordose oder eine etwa vertikale Steilstellung im Lendenwirbelbereich. In diese Gruppe fielen 55 % der vermessenen Personen, ein Wert, der gut korrelliert mit den Angaben von SCHOBERTH /63/ aus aufrechter und lockerer Sitzhaltung (63 %).

Die Auswertung der ermittelten Längsprofile mit dem Ziel

der Erstellung von Mittelwertskurven nach verschiedenen Einzelkriterien wurde folgendermaßen durchgeführt: In den unteren Anfangspunkt eines jeden Längsprofils (7 cm über der Sitzfläche) wurde ein cartesisches Achsenkreuz gelegt und die Koordinaten der Kurven aufgenommen. Aus der Mittelung der ausgemessenen Wertepaare wurden die Mittelwertskurven rechnerisch bestimmbar.

Das Ziel dieser Rückenvermessungen war es, Maße für die Gestaltung einer Rückenlehne zu gewinnen, die für kleine und große Menschen (5. Percentile Frauen bis 95. Percentile Männer der mitteleuropäischen Population) Gültigkeit haben. Insofern berührt beispielsweise eine kleine Frau einen bestimmten Abschnitt der Lehne mit dem 4. Brustwirbel, ein größerer Mann dagegen mit dem 6. Brustwirbel.
Aus diesem Grunde wäre es falsch gewesen, normierte Längsprofile dergestalt zu konstruieren, daß man die Koordinaten gleicher Wirbelsäulenabschnitte gemittelt hätte.

Die Längsprofile der Abb. 9 und 10 wurden nach vorgenannter Methode bestimmt.
Zu den Mittelwertskurven wurden die Variationsweiten und an ausgewählten Stellen, nämlich 210, 300, 400 und 500 mm über der Sitzfläche, die Standardabweichungen eingezeichnet. Die Standardabweichungen wurden nach folgendem statistischen Ansatz berechnet:

$$\pm s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{n} (x_i - \bar{x})^2}$$

Sie sind in Tab. 4 aufgelistet.

$\pm s$ = Standardabweichung
n = Kollektiv (mit n = 50 Männern oder n = 50 Frauen oder n = 100 Gesamtkollektiv)
$\bar{x}$ = Mittelwert des jeweiligen Kollektivs
x_i = i-ter Meßwert

Meßpunkte über Sitzfläche (mm)	Gesamtkollektiv			Normalrücken + Rundrücken männlich			Normalrücken + Rundrücken weiblich			Normalrücken männlich + weiblich			Rundrücken männlich + weiblich		
	±s	-v	+v	±s	-v	+v	±s	-v	+v	±s	-v	+v	±s	-v	+v
500	38	54	67	24	43	50	37	55	68	35	62	68	36	55	73
400	20	26	44	15	28	24	16	28	41	22	36	43	18	24	40
300	12	10	30	9	11	14	10	17	23	10	15	20	8	12	15
210	11	16	16	11	16	13	13	18	13	6	10	11	5	7	9

Tab. 4: Standardabweichungen ±s (mm) und Variationsweiten ±v (mm) der Rückenlängsprofile.

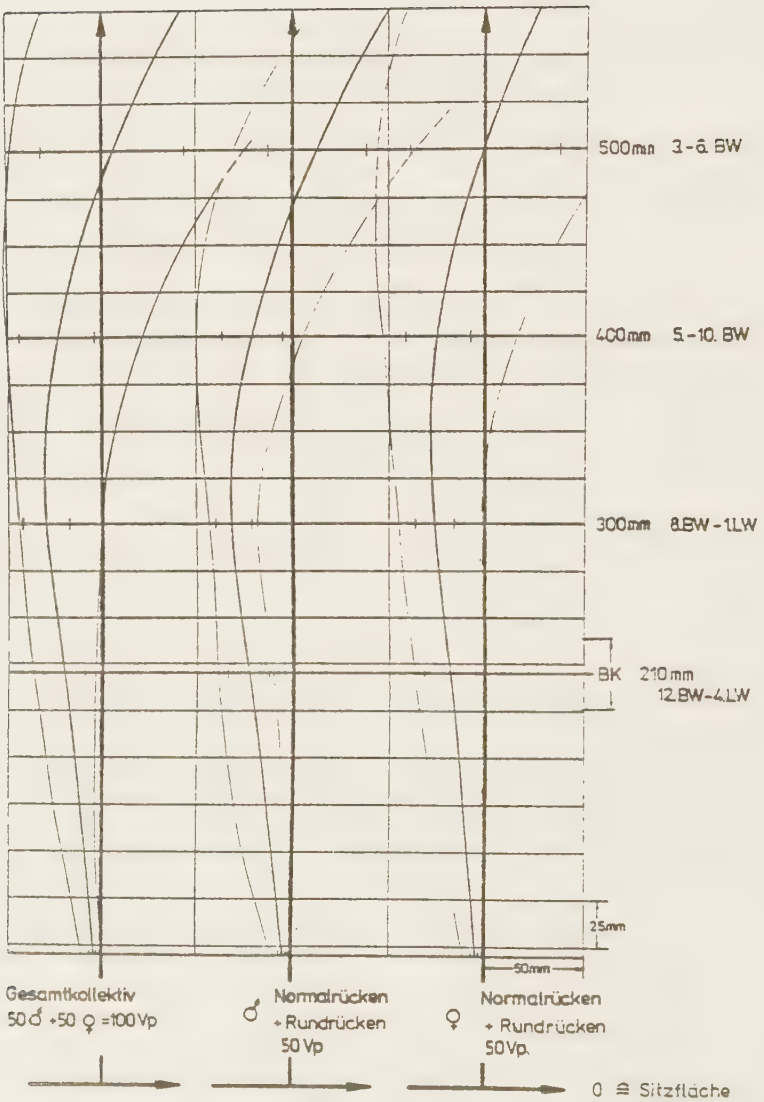


Abb. 9: Rückenlängsprofile abwärts vom Dornfortsatz des 7. Halswirbels bis 70 mm über der Sitzfläche bei entspannter, leicht aufrechter "mittlerer Sitzhaltung". Mittelwertskurven mit Standardabweichungen und Variationsweiten. Links: Untersuchungskollektiv (100 Vpn) Mitte: Männer (50 Vpn); rechts: Frauen (50 Vpn)

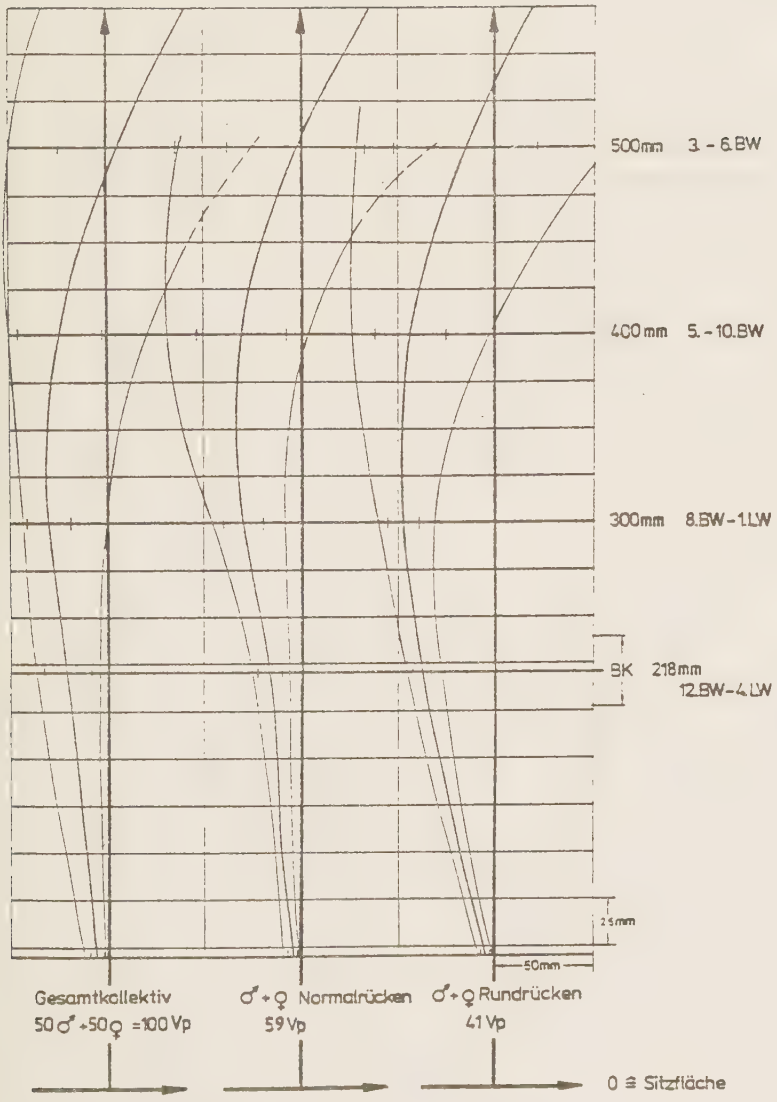


Abb. 10: Rückenlängsprofile abwärts vom Dornfortsatz des 7. Halswirbels bis 70 mm über der Sitzfläche bei entspannter, leicht aufrechter "mittlerer Sitzhaltung". Mittelwertskurven mit Standardabweichung und Variationsweiten. Links: Untersuchungskollektiv (100 Vpn);Mitte: Männer und Frauen mit Normalrücken (59 Vpn); Rechts: Männer und Frauen mit Rundrücken (41 Vpn)

5.1.4.2. Rückenquerprofile

Die Abb. 11 und 12 veranschaulichen die mit dem Profilmeßgerät aufgenommenen Querprofile.
Abb. 11 zeigt getrennt für Männer und Frauen die Mittelwertskurven der pro Rücken aufgenommenen 5 Querprofile. Die Bekkenkammhöhe wurde wegen ihrer Bedeutung für die Rückenstützung besonders herausgegriffen.

Die Kurvendarstellung erfolgte derart, daß an jedes Querprofil eine Tangente quer zur Sagittalebene des Probanden gelegt wurde. Wie in Kap. 5.1.4.1 dargelegt, wurde zur Erstellung der gemittelten Rückenquerprofile über die Zeichenbrettebene ein cartesisches Koordinatenkreuz gelegt, dessen eine Achse die vorgenannte Tangente war. Die Mittelung der zugehörigen x/y-Wertepaare erfolgte wie beschrieben, ebenso die Berechnung der Standardabweichungen. Die eingezeichneten Variationsweiten sind die Einhüllenden der jeweiligen Gesamtzahl der Kurven. Die Kurven sind nicht völlig punktsymmetrisch zum jeweiligen Wirbelsäulensegment infolge kleiner seitenbedingter Formunterschiede. Im Gesäßbereich stimmen die Querprofile beider Geschlechter noch sehr gut überein, wohingegen kranialwärts der weibliche Rücken etwas flacher verläuft und wegen des im allgemeinen schmäleren Rückens die Querprofile seitlich eher nach ventral abbiegen. Trotzdem liegen jedoch alle Mittelwertskurven der Querprofile beider Geschlechter noch innerhalb der Querprofilstandardabweichung des jeweils anderen Geschlechts.

Das dreidimensionale Profil der Rückenlehne wurde nach den mittleren Längs- und Querprofilen des Gesamtkollektivs (50 Männer und 50 Frauen) erstellt. Damit es sowohl kleinen Frauen als auch großen Männern anatomisch gerecht wird, muß die Polsterung in ihrer Härte bzw. Weichheit dergestalt ausgelegt werden, daß sich beim Anlehnen ein individuelles Rükkenprofil leicht eindrücken läßt.

Frauen																					
RQP ü.SF (mm)	±s	-v	+v	±s	-v	+v	±s	-v	+v	±s	-v	+v	±s	-v	+v	±s	-v	+v	±s	-v	+v
500	4	3	5	7	9	12	7	8	10	8	23	29	8	22	28	30	43	57	30	58	45
400	3	2	9	5	5	11	5	4	10	8	20	27	8	19	25	18	34	55	18	56	36
300	4	4	10	6	11	13	6	10	11	9	23	44	9	23	42	18	33	50	18	50	33
213	3	4	7	6	11	13	6	10	12	8	25	40	8	25	40	15	33	50	15	50	33
		1			2			3			4			5			6			7	
Männer																					
RQP ü.SF (mm)	±s	-v	+v	±s	-v	+v	±s	-v	+v	±s	-v	+v	±s	-v	+v	±s	-v	+v	±s	-v	+v
500	4	5	5	8	11	11	8	10	11	9	18	23	8	18	25	30	42	60	30	60	44
400	5	5	8	5	6	7	5	5	7	8	13	15	8	14	17	17	34	47	17	47	36
300	6	7	8	8	22	23	9	10	10	15	17	27	15	17	27	16	33	45	16	45	31
222	6	8	10	6	10	10	6	9	8	14	23	37	14	23	37	23	32	52	23	52	32

Tab. 5: Standardabweichung ±s (mm) und Variationsweiten ± (mm) der Rückenquerprofile (RQF) ermittelt
1: über der Wirbelsäule
2: 100 mm linksseitig der WS
3: 200 mm rechtsseitig der WS
4: 150 mm linksseitig der WS
5: 150 mm rechtsseitig der WS
6: linkss. Berührungspunkt m.d. Kurventang.
7: rechtss. Berührungsp. m.d. Kurventang.

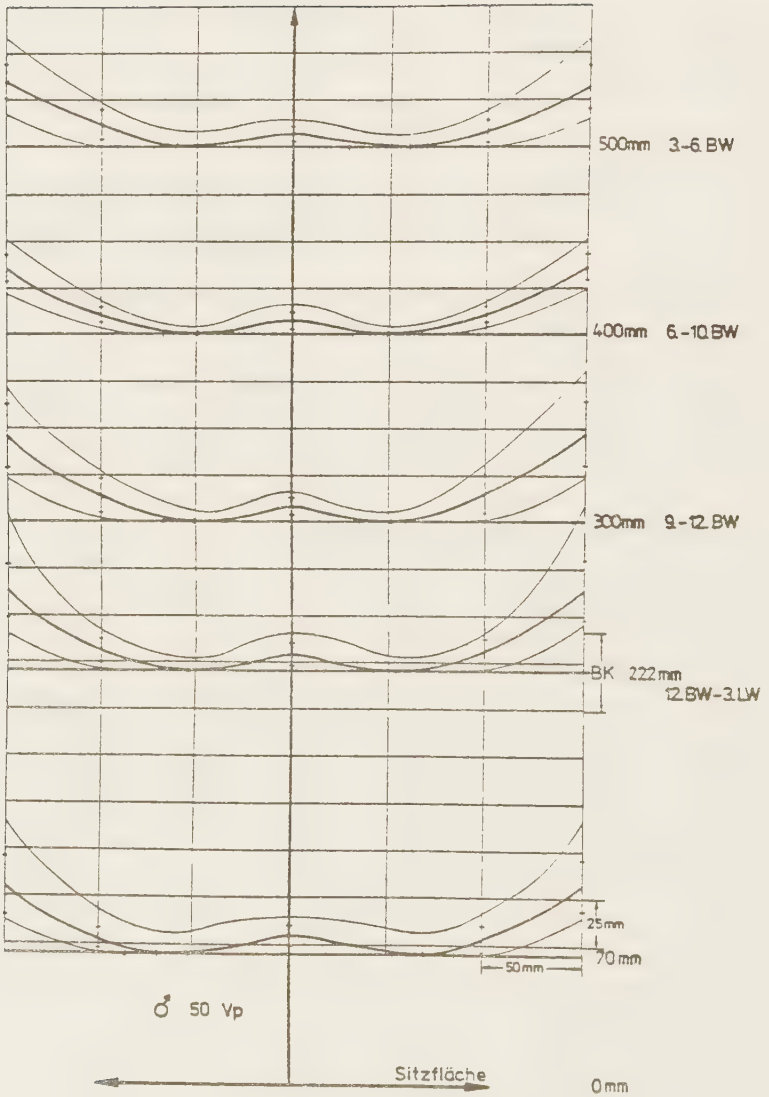


Abb. 11: Rückenquerprofile in Höhe 500 mm, 400 mm, 300 mm, in Höhe Beckenkamm und 70 mm über der Sitzfläche. Frauen (50 Vpn)

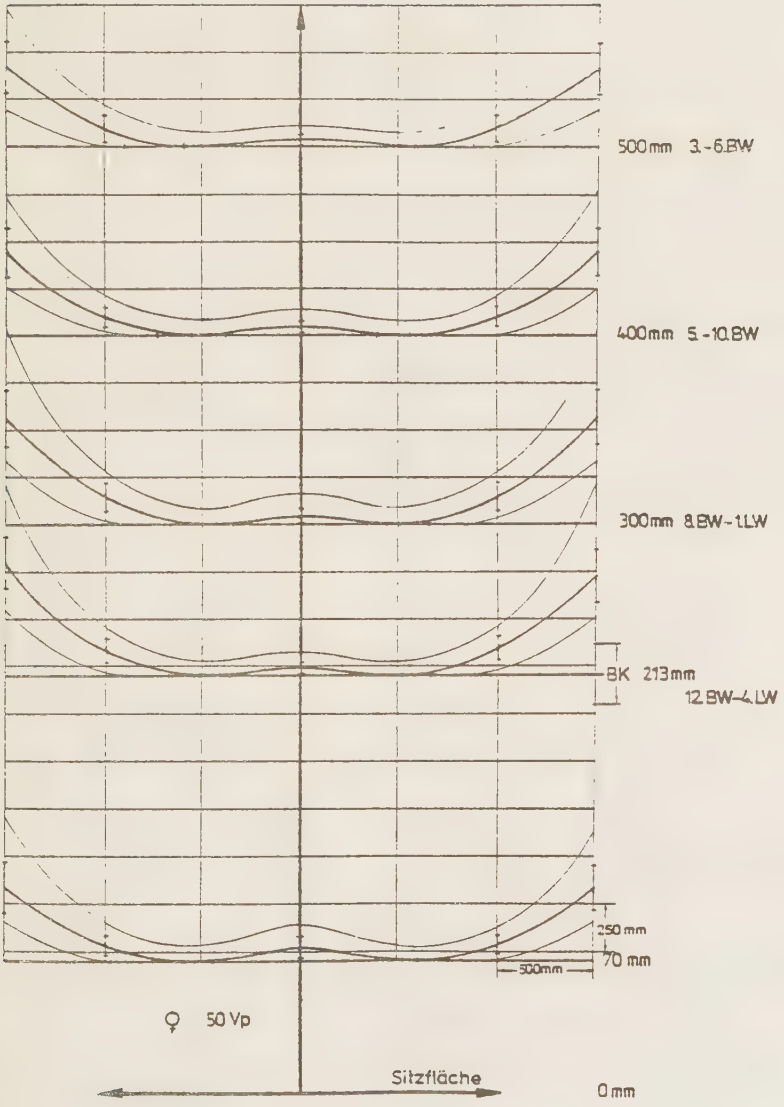


Abb.12: Rückenquerprofile in Höhe 500 mm, 400 mm, 300 mm, in Höhe Beckenkamm und 70 mm über der Sitzfläche. Männer (50 Vpn)

5.1.4.3 Längen-, Gesäß- und Oberschenkelmaße

Wie bereits in Kap. 4.2 erwähnt, sind zur Gestaltung von Sitzgelegenheiten über die in DIN 33402 tabellierten Körpermaße hinaus weitere Angaben erforderlich. Diese wurden am Untersuchungskollektiv gemessen und in Tab. 6 als Mittelwerte mit Standardabweichungen sowie in Abb. 13 dargestellt. Ein Vergleich mit den Tabellenwerten nach DIN 33402 - soweit angegeben - ergibt ein hohes Maß an Übereinstimmung, was das Vorliegen einer repräsentativen Stichprobe belegt.
In DIN 33402 wird die Abweichung der Körpermaße vom Mittelwert durch Percentilwerte ausgedrückt. Es handelt sich dabei um einen Prozentwert, der sich aus dem $\pm$ 1,96-fachen der Standardabweichung um den Mittelwert ergibt und den Bereich einer Gaußverteilung von 5 % bis 95 % bezeichnet. Damit werden 90 % der gesamten Population erfaßt.

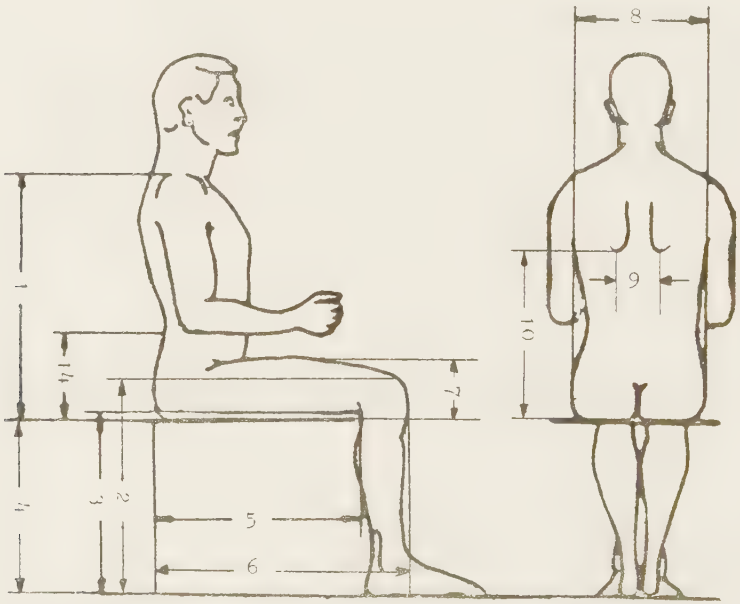


Abb. 13: Schemazeichnung mit Körpermaßen

Nr.	Benennung	Erklärung
1	Schulterhöhe im Sitzen	Vertikaler Abstand von der Sitzfläche (S) bis zum rechten Akromion
2	Kniehöhe	Vertikaler Abst. vom Boden bis zur Oberseite des rechtwinklig zum Unterschenkel gehaltenen Oberschenkels direkt hinter der Kniescheibe
3	Länge des Unterschenkels mit Fuß	Vertikaler Abst. v. Boden bis zur Unterseite des gegen den Untersch. rechtwinklig gehaltenen Oberschenkels unmittelbar hinter dem Knie
4	Sitzflächenhöhe	Vertikaler Abst. von Boden bis zur Oberkante der Sitzfläche
5	Sitztiefe	Horizontaler Abst.v.d. Kniekehle bis zu dem am weitesten nach hinten vortretenden Teil der Weichteile d. Gesäßes
6	Gesäß - Knielänge	Horizont. Abst. v.d. am weitesten n. vorn vortretenden Teil d. Kniescheibe bis zu dem am weitesten n. hinten vortret. Teil d. Weichteile des Gesäßes
7	Oberschenkelhöhe im Sitzen	Vertik. Abst. v.d.S. bis zum höchsten Punkt d. Oberfläche des Oberschenkels
8	Sitzbreite	Maximaler horiz. Abst. zw. d. Außenseiten d. Hüften
9	Abst. re/li ang. inf. scap.	Abst. zw. re und li Palpationspunkt d. unteren Schulterblattwinkel
10	Höhe ang.inf.scap.	Vertik.Abst.v.d.S. bis zum unteren Schulterblattwinkel
11	Höhe 7. Halswirbel	Vertik.Abst.v.d.S. bis zur vertebra prominens
12	Höhe 6. Brustw.	Vert.Abst.v.d.S. bis z. 6.BW
13	Höhe 8. Brustw.	Vert.Abst.v.d.S. bis z. 8.BW
14	Höhe Beckenkamm	Vert.Abst.v.d.S. bis z. crista ant. sup.

Tab. 6: Körperlängenmaße der Vpn. (cm)
(Meßmethode nach MARTIN /39/ und DIN 33,402)

	Meßwerte				
	100 Vpn (50 ♂, 50 ♀)			nach DIN 33 402	
	♂ + ♀	♂	♀	♂	♀
Körpergewicht [N]	683,4 ± 121,6	751,7 ± 107,8	614,9 ± 93,8	5. 50. Perzentil 95.	
Körpergröße [cm]	171,8 ± 11,1	178,1 ± 6,5	165,3 ± 6,0	165,2 175,3 186,7	156,7 166,0 175,4
Schulterhöhe im Sitzen [cm]	59,9 ± 3,4	61,2 ± 2,7	59,6 ± 3,2	58,7 62,8 67,1	53,7 56,2 61,0
Kniehöhe [cm]	53,3 ± 3,0	54,9 ± 2,8	51,6 ± 2,3	51,1 54,8 58,0	nicht ermittelt
Länge des Unterschenkels mit Fuß [cm]	42,7 ± 2,0	43,5 ± 2,0	41,9 ± 1,3	40,1 44,1 48,4	36,1 40,1 44,0
Sitzflächenhöhe [cm]	41,4 ± 2,0	42,3 ± 1,6	40,5 ± 1,6	nicht ermittelt	
Sitztiefe [cm]	47,8 ± 4,2	49,3 ± 4,2	46,3 ± 3,8	45,6 49,7 53,9	43,4 47,3 52,6
Gesäß - Knielänge [cm]	58,9 ± 4,1	60,3 ± 3,3	57,5 ± 4,5	55,6 59,9 64,5	53,4 57,5 63,2
Oberschenkelhöhe im Sitzen	15,9 ± 2,6	16,3 ± 1,7	15,5 ± 2,2	12,3 14,1 16,4	11,7 16,3 13,4
Sitzbreite [cm]	37,2 ± 5,4	36,8 ± 2,5	37,7 ± 3,7	31,2 34,5 38,7	31,8 35,2 41,8
Abstand re/li ang. inf. scap. [cm]	22,1 ± 3,3	23,4 ± 2,3	20,8 ± 3,2		
Höhe ang.inf.scap.(ü.S.) [cm]	46,1 ± 3,4	46,6 ± 3,3	45,6 ± 2,9	nicht	
Höhe 7. HW (ü.S.) [cm]	63,7 ± 3,3	65,0 ± 3,0	62,3 ± 2,8		
Höhe 6. BW (ü.S.) [cm]	48,3 ± 3,5	49,3 ± 3,6	47,3 ± 2,8		
Höhe 8. BW (ü.S.) [cm]	42,5 ± 3,5	43,0 ± 3,6	41,9 ± 3,4	ermittelt	
Höhe Beckenkamm (ü.S.) [cm]	21,8 ± 1,9	22,2 ± 2,1	21,3 ± 1,6		

Tab. 7 : Körperlängenmaße, ± Standardabweichung des Untersuchungskollektivs (100 Vpn) im Vergleich zu Maßangaben nach DIN 33402

5.2 Notwendigkeit weiterer Untersuchungen

Die im Kap. 5.1 beschriebenen Untersuchungen dienten der Ermittlung einer physiologischen und der menschlichen Anatomie angepaßten Rückenlehne. Zur Optimierung und Standardisierung von Konstruktionsmerkmalen als Grundlage einer verbesserten Sitzmöbelgestaltung sind jedoch weitere Untersuchungen erforderlich, nämlich:

Drehpunktbestimmung der Rückenlehne

Kraft- und Druckverteilung
- auf Sitzfläche,
- auf Rückenlehne,

in Abhängigkeit von
- Sitzhaltung,
- Sitzflächen- und Lehnenform,
- Sitzflächenhöhe,
- Sitzflächenneigung,
- Polsterung,
- Geschlecht;

EMG-Aktivität der Rumpfmuskulatur in Abhängigkeit von
- verschiedenen Sitzhaltungen,
- Sitzdauer;

Beinvolumenzunahme im Stehen und Sitzen und daraus resultierende Beschwerden;

Mikroklima im Kontaktbereich Mensch - Sitzmöbel (Temperatur- und Feuchtemessung).

Die Ergebnisse der im Kap. 5.1 durchgeführten Untersuchungen, die anthropometrischen Daten für Längen-, Gesäß- und Oberschenkelmaße und die anthropometrische Aufnahme von Rückenlängs- und -querprofilen fanden zusammen mit den oben geforderten weiteren Untersuchungen ihren Niederschlag in dem von MÜLLER-LIMMROTH /47/ herausgegebenen Abschlußbericht des bezeichneten Forschungsvorhabens des Bundesministeriums für Forschung und Technologie.

6. Diskussion der Ergebnisse

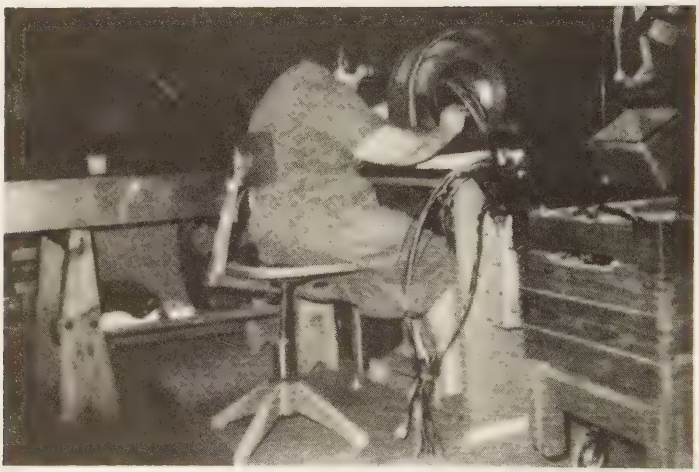


Abb. 14: Unzureichender, nicht DIN-gerechter Arbeitsstuhl

Abb. 14 zeigt einen Arbeitsstuhl, der noch vor 2 Jahren in der Fertigung einer industriellen Großfirma benutzt wurde: Die nur ca. 15 cm hohe Stützfläche der Rückenlehne fängt die Last des total kyphosierten Rückens nur im unteren Brustwirbelsäulenbereich auf und wird somit der geforderten Stützfunktion im Gesamtrückenbereich nicht gerecht; die Tatsache, daß die Lehne nicht wenigstens den unteren Schulterblattanteil erreicht, bedeutet, daß die gesamte Schultergürtelmuskulatur (s. Abb. 15) keine Entlastung erfährt, was eine Lehnenhöhe von 480-550 mm erfordern würde. Der schwerwiegendste Mangel der hier gezeigten Lehnenkonstruktion besteht jedoch in dem völligen Fehlen einer Abstützung im oberen Becken- bzw. Lendenwirbelsäulenbereich: Dies bedingt, besonders bei der hier gezeigten vorderen Sitzhaltung, ein Abkippen des Beckens nach hinten und damit die folgenschwere Kyphosierung der Lendenwirbelsäule, was vor allem zu einer Erhöhung des ventralseitigen Drucks in den Bandscheiben, be-

sonders im Bereich L_2 bis L_5, führt und damit einen Abnutzungsprozess der Bandscheiben fördert, der in der Bundesrepublik Ursache für 50 % der vorzeitig gestellten Pensionierungsanträge ist /33/.

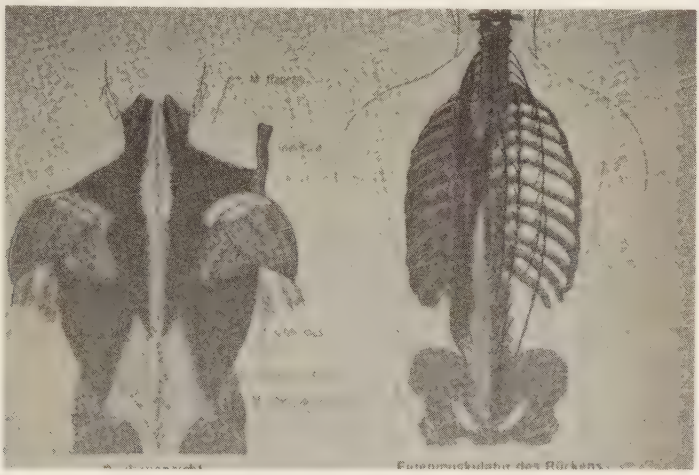


Abb. 15: Oberflächliche und tiefe Rückenmuskulatur des dorsalen Halteapparates

Auch das gewählte Material für Lehne und Sitzfläche, nämlich Holz ohne Aufpolsterung, ist als besonders unvorteilhaft anzusehen: Die Möglichkeit, durch entsprechende Polsterung ein geeignetes Mikroklima hinsichtlich Luft- und Feuchtigkeitsdurchlässigkeit zu schaffen und unter den Sitzbeinhöckern Druckspitzen auf 1/4 bis 1/5 zu reduzieren, wurde nicht genutzt.

Als Bezugsstoffe für Sitze sollten rutschfeste und gut luftdurchlässige Gewebe verwendet werden, um eine hohe Feuchte- und Wärmeabfuhr zu garantieren. Im weiteren sind Belüftungsschlitze in den Sitz- und Lehnenschalen wünschenswert, um vor allem einen Feuchtestau zu verhindern.

Die Stärke der Polsterung im Sitzbereich soll 30-40 mm betragen, die der Lehnen, wegen der niedrigeren Kontaktdrücke, 20-30 mm. Die Stärke des Schaumstoffes oder Polstermaterials

ist so zu wählen, daß auch in den am stärksten belasteten Bereichen unter den Sitzbeinhöckern kein Durchsitzen auf die Sitzschale möglich ist. Schaumstoffe, die eine Zusammendrückbarkeit von 25 % bei 0,6 bis 1,0 N/cm^2 haben, erfüllen diese Forderung. Eine unter Berücksichtigung dieser Empfehlungen aufgebaute Polsterung reduziert die Druckspitzen unter den Sitzbeinhöckern gegenüber dem Sitzen auf harter Unterlage von 10 - 15 N/cm^2 auf 2 - 4 N/cm^2. Diese Druckwerte bewirken im allgemeinen auch bei längerer Einwirkungsdauer kein Schmerz- oder Taubheitsempfinden im Gesäßbereich /47/.

Abb. 16: Umsetzung der anthropometrischen und physiologischen Meßergebnisse in einen Arbeitsstuhl-Prototyp

Schließlich ist die Standfestigkeit des Arbeitssitzes (Abb. 15) zu kritisieren: Ein vierbeiniger Sitz, insbesondere mit den abgebildeten kurzen Standbeinen, kippt leicht und ist nach DIN 4551, 4552 gar nicht mehr zulässig. Für einen mit Rollen versehenen Arbeitssitz, der für die hier dargestellte Arbeiterin günstiger wäre, empfiehlt DIN 4551 fünfbeinige Abstützung mit einer seitlichen Auslage, die so bemessen sein soll, daß auch in ungünstiger Sitzhaltung der Schwerpunkt der Belastung immer innerhalb des von den 5 Stützen gebildeten Fünfecks zu liegen kommt.

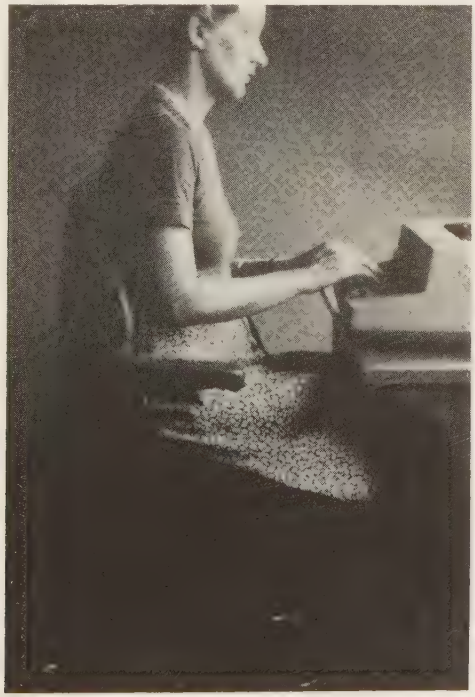


Abb. 17: Gute Anpassung der Rückenlehne an die anatomischen Verhältnisse des Rückenprofils der an der Schreibmaschine sitzenden Serketärin

Die Umsetzung der Ergebnisse der Rückenprofilaufnahme veranschaulicht Abb. 17: Im Lenden- und unteren Brustwirbelbereich zeigt die Lehne dieses Stuhl-Prototyps eine nach vorne konvexe Ausformung (in einer Höhe von 200 - 240 mm über der Sitzfläche), die die Lendenlordosierung günstig beeinflußt. Entsprechend dem Verlauf der Querprofile (vergl. Abb. 11 und 12) ist die Rückenlehne seitlich zur Vergrößerung der Abstützfläche stärker herumgezogen, wodurch mehr Körperlast in die Lehne eingeleitet wird, mit der Folge zusätzlicher Entlastung des dorsalen Stützapparates.

Abb. 18.: Schematische Darstellung der leicht aufrechten, "mittleren Sitzhaltung" mit aufgerichtetem Becken und ausgeprägter Lendenlordose. Andeutung des Synchronverstellmechanismus von der mittleren zur hinteren Sitzhaltung

Durch den Automatismus der Verstelleinrichtung der Rückenlehne ("Synchrontechnik") kann schließlich die Forderung nach kontinuierlichem Kontakt des Rückens mit der Lehne unabhängig von der Sitzhaltung erfüllt werden, wobei die Drehpunktlage der Rückenlehne mit derjenigen des Menschen beim Zurücklehnen übereinstimmen muß, um ein Hochschieben der Bekleidung zu vermeiden, d.h. der Drehpunkt der Lehne muß unterhalb der Sitzbeinhöckerauflage liegen.

Bei Durchsicht verschiedener bestehender und in Neubearbeitung begriffener DIN-Empfehlungen für Sitzgelegenheiten muß man feststellen, daß die dort gemachten Angaben in wesentlichen Punkten von den heutigen Erkenntnissen der Arbeitsphysiologie abweichen: Die im Entwurf der DIN 68 877 (Arbeitsdrehstuhl) vom März 1981 und auch in der Broschüre der Berufsgenossenschaft für Verwaltung vom Januar 1976 empfohlenen Maße für die Lendenbausch- und Lehnenhöhen sind unzureichend.
Weitere Angaben, beispielsweise zum vorderen Sitzradius, fehlen völlig; ein Maß von 50 - 60 mm ist empfehlenswert. Schließlich ist die Konstruktion eines Synchronmechanismus in den DIN-Empfehlungen noch nicht enthalten.
Da die deutschen Herstellerfirmen von Sitzmöbeln im allgemeinen darauf bedacht sind, die entsprechenden DIN-Empfehlungen einzuhalten, können neue arbeitsphysiologische Erkenntnisse, beispielsweise auf dem Sektor der Sitzmöbel, nur dann eine weitreichende industrielle Realisierung erfahren, wenn sie in die Empfehlungen des Deutschen Instituts für Normung aufgenommen werden. Insofern ist es besonders bedauerlich, daß trotz vielseitiger Bemühungen seitens des Instituts für Arbeitsphysiologie der Technischen Universität München die in dieser Arbeit und im Forschungsabschlußbericht /47/ mitgeteilten Ergebnisse bisher kaum Eingang in die DIN 68 876 (Hausarbeitsdrehstuhl) und DIN 68 877 (Arbeitsdrehstuhl) gefunden haben, die zur Zeit noch abschließend bearbeitet werden.

7. Zusammenfassung

Aufgabe dieser Arbeit war es, im Rahmen des Forschungsprojekts "Physiologische Untersuchung und Erprobung von Arbeitssitzen mit verformbaren Rückenlehnen", das mit der Erarbeitung von Empfehlungen für die Konstruktion von Arbeitssitzen betraut war, den Teilaspekt "Rückenlehne" unter Berücksichtigung anatomischer und physiologischer Grundlagen zu untersuchen.

Zur Gestaltung des Rückenlehnenprofils, das der s-förmigen Krümmung der Wirbelsäule angepaßt sein soll, sind neben Längenmaßen auch Maße gekrümmter Körperflächen notwendig. Da diese jedoch der Literatur nicht zu entnehmen waren, wurden sie zur objektiven Feststellung der tatsächlichen Wirbelsäulenform durch anthropometrische Untersuchungen ermittelt, wozu mit einem zu diesem Zweck konstruierten Meßgerät an 100 Versuchspersonen (50 Männern und 50 Frauen) Rückenlängs- und -querprofile in leicht aufrechter, "mittlerer Sitzhaltung" aufgezeichnet wurden.

Das Versuchspersonenkollektiv entsprach den Körpermaßen nach einer repräsentativen Stichprobe der deutschen Bevölkerung.

Die Längsprofile der Männer wiesen eine etwas geringere Kyphose der Brustwirbelsäule auf als die der Frauen. Die Querprofile der Frauen waren im Brustwirbelbereich etwas schmaler als die der Männer, jedoch lagen die Standardabweichungen der Mittelwertskurven der beiden Geschlechter innerhalb der Standardabweichungen des jeweils anderen Geschlechts.

Die für die Abstützung des Beckens besonders wichtige Höhenangabe für den hinteren Beckenrand über der belasteten Sitzfläche wurde für Männer mit 222 $\pm$ 21 mm und für Frauen mit 213 $\pm$ 16 mm gemessen. Die Unterschiedlichkeit der Mittelwerte $\pm$ Standardabweichungen zwischen den Geschlechtern ist sehr gering, so daß auch im Lendenbereich eine für Männer

und Frauen gleichgeformte Rückenlehne angeraten werden kann.

Eine Auswertung der Rückenlängs- und -querkonturen führt hinsichtlich der Konstruktionsmerkmale für Lehnenhöhe, Vertikal- und Horizontalprofilierung und dem Lendenstützpunkt zu folgenden Empfehlungen:
Im Bereich des Beckenrandes und der Lendenwirbelsäule sollte die Lehne den Bereich der stärksten Vorwölbung in einer Höhe von 200 - 230 mm über der Sitzfläche aufweisen. Eine Höhenverstellbarkeit der Lendenabstützung ist wegen der kleinen Maßunterschiede (5. Perzentile weiblich bis 95. Perzentile männlich) nicht unbedingt erforderlich, kann aber in Einzelfällen wünschenswert sein.

Oberhalb des Lendenbausches soll sich die Lehne in einer konkaven Krümmung an die Brustkyphose anschmiegen und in horizontaler Ebene im mittleren Bereich in einer Breite von 100 - 120 mm eine gerade Fläche bilden, die zur Seite tangential in eine Krümmung nach vorne übergeht. In diesem Mittelbereich wäre eine zusätzliche Abstützung der Wirbelsäule durch eine beidseits auslaufende Aufpolsterung von bis zu 10 mm sinnvoll, weil dadurch die individuell unterschiedlich stark ausgeprägte Längs- und Querprofilierung des Rükkens, auch unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Körpergrößen, aufgefangen und ausgeglichen würde.
Schließlich sollte die Lehne unter Berücksichtigung der ermittelten durchschnittlichen Schulterhöhe von 599 $\pm$ 34 mm und der Höhe des angelus inferior scapulae von 461 $\pm$ 34 mm eine Höhe von möglichst 480 mm aufweisen, um die Abstützung des Rückens auch im Bereich der Schulterblätter miteinzubeziehen.

Eine nach anthropometrischen Erkenntnissen noch so gut profilierte und dimensionierte Rückenlehne erfüllt jedoch nicht ihren Zweck, wenn nicht gewährleistet ist, daß der Rücken des Sitzenden nicht nur in hinterer, sondern auch in auf-

rechter, mittlerer Sitzhaltung abgestützt wird. Die Lehne soll kontinuierlich am Körper anliegen und sich relativ zum Rücken immer an der gleichen Stelle befinden. Da diese Forderung jedoch nur dann erfüllt werden kann, wenn das in Kap. 5.1 ermittelte anatomische Lehnenprofil den Bewegungen des Menschen auf seinem Sitz folgt, ist es erforderlich, daß die Drehpunktlage der Rückenlehne mit derjenigen des Menschen beim Rücklehnungsvorgang übereinstimmt.

Die weit überwiegende Zahl der von Sitzmöbelherstellern angebotenen Produkte berücksichtigt auch heute noch nicht genügend die anatomischen und physiologischen Gegebenheiten des Menschen. Überschaut man die in jüngster Zeit entworfenen und produzierten Stühle aller Typen, so muß man erkennen, daß die diesbezüglichen Ergebnisse der Arbeitsphysiologie allzu oft den Formideen des Designers geopfert wurden. Aus dieser Perspektive ist die wissenschaftlich betriebene anthropometrische Grundlagenforschung noch weit davon entfernt, die Praxis der Stuhlherstellung wirklich zu bestimmen. Stühle sind eben nicht nur Gebrauchsgegenstände. Sie sind, wie eingangs dargelegt, auch Symbole, waren es zu Anfang und sind es auch heute noch. Für irrationale, emotionale Forderungen, die an den Stuhl auch gestellt werden, vermag keine Wissenschaft das rechte Maß zu liefern.

8. LITERATURVERZEICHNIS

1 AKERBLOM, B.: Standing and sitting posture. Stockholm: A.B. Nordiska Bokhandeln 1948

2 ANDERSON, B.J.G.; ÖRTENGREN, R.; NACHEMSON, A; ELFSTRÖM, B.: Lumbar disc pressure and myoelectric back muscle activity during sitting. Scand. J. Rehab. Med. 38.47 (1974).

3 BERQUET, K.H.: Sitzschaden - Haltungsschaden. Med. Welt 17, 1305-1313 (1966).

4 --- Prävention von Sitzschäden. Gesundheit - Haltung - Leistung 4, 4-12 (1972).

5 --- Die Bedeutung der Möbel am Arbeitsplatz für statische und degenerative Veränderungen des Haltungs- und Bewegungsapparates. Arbeitsmedizin - Sozialmedizin - Präventivmedizin 7. 144-145 (1974).

6 DIEBSCHLAG, W.: Konstruktion und humanphysiologische Erprobung einer Meßapparatur zur Quantifizierung von Extremitätenvolumina. Dissertation Universität München 1979

7 DIEBSCHLAG, W.; MÜLLER-LIMMROTH, W.; STUMBAUM, F.; BALDAUF, H.: Physiologische Untersuchungen zur Sitzmöbelgestaltung. Z. Arb. wiss. 2, 32-38 (1978).

8 DIN 33402: Körpermaße von Erwachsenen, 1974.

9 DIN 4551: Bürodrehstuhl mit verstellbarer Rückenlehne mit oder ohne Armstützen, 1975.

10 ECKSTEIN, H.: Der Stuhl. München: Keyser (1977)

11 FLOYD, W.F.: Anatomical and physiological principles in chair and table design. Ergonomics 2, 1-16 (1959).

12 --- Anthropometric and physiological considerations in school, office and factory seating. Symposium Sitzhaltung, Zürich (1968).

13 FUCHS, Th.: Humanisierung der Arbeitswelt. In: Süddeutsche Zeitung, 67, 33 (21.3.1981).

14 GEIGY-AG (Hrsg.): Geigy/Wissenschaftliche Tabellen, 7. Aufl., Basel: J.R. Geigy. (1968).

15 GÖB, A.; STOTZ, S.: Differentialdiagnose der Kreuzschmerzen. pro medica 7, 149-151 (1974).

16 GÖB, A.: Haltungsschäden im Beruf. Krankengymnastik. 10, 322-328 (1965).

17 GRANDJEAN, E.: Physiologische Gesichtspunkte zur Körperstellung. Industrielle Organisation 34, 487-493 (1965).

18 --- Sitzhaltung. Symposium Sitzhaltung, Zürich 1968, London: Taylor and Francis Ltd. 1969.

19 --- Wohnphysiologie. Artemis Zürich (1972).

20 --- ; HÜNTING, W.: Physiologische Arbeitsgestaltung. Leitfaden der Ergonomie. Ott Verlag Thun (1979).

21 --- ; BURANDT, U.: Das Sitzverhalten von Büroangestellten. Industrielle Organisation. 31, 243-250 (1967).

22 GROENEVELD, H.B.: Metrische Erfassung und Definition von Rückenform und Haltung des Menschen, in: JUNGHANS, H. (Hrsg.): Die Wirbelsäule in Forschung und Praxis, Bd. 66. Stuttgart: Hippokrates Verlag 1976.

23 GROH, H.; THÖS, R.; BAUMANN, W.: Die statische Belastung der Wirbelsäule durch die Sagittalkrümmungen. Int. Z. angew. Physiol. einschl. Arbeitsphysiol. 24, 129-149 (1967).

24 GSCHWEND, N.: Sitzschäden der Wirbelsäule. Z. Präventivmed. 10, 106-113 (1965).

25 HOFFMANN-DAIMLER, S.: Die Wirbelsäule unter typischen Arbeitsbelastungen. Z. Orthopädie 113, 130-134 (1975).

26 HOLM, E.: Stühle. München: Georg D.W. Callwey Verlag 1978.

27 JÜRGENS, H.W.: Die menschliche Sitzhaltung als Forschungsgegenstand des Anthropologen. Christiana Albertina 13, (1972).

28 --- Über die Vergleichbarkeit anthropometrischer Daten. Z. Morph. Anthrop. 61, 33-41 (1969).

29 --- Der "vermessene" Mensch, Anthropometrie in Kunst und Wissenschaft. München: Heinz Moos Verlag 1973.

30 --- . Körpermaße, in: Schmidtke, H. (Hrsg.) Ergonomie 2. 1974.

31 --- Wissenschaftliche Aspekte der Anthropometrie im Normenwesen. Z. Arb.wiss. 31, 57-61 (1977).

32 KAROLYI, L. von: Anthropometrie. Stuttgart (1971).

33 KRÄMER, J.: Zur Biomechanik des lumbalen Bewegungssegmentes. Fortschr. Med. H. 20, 21 (1973).

34 LEHMANN, G.: Handbuch der gesamten Arbeitsmedizin Bd.I. Berlin: Urban und Schwarzenberg 1961.

35 LEWIN, T.: Anthropometric studies on Swedish industrial workers when standing and sitting. Ergonomics 12, 883-902 (1969).

36 LUNDERVOLD, A.: Electromyographic investigations during typewriting. Acta physiol. scand. 3, 589-603 (1953).

37 MEYER, H. von: Die Mechanik des Sitzens.Arch. path. Anat. 38, 15-30 (1867).

38 MÜLLER, W.: Humanisierungsprogramm. In: Wechselwirkung. Technik - Naturwissenschaft - Gesellschaft. 2, 4-5 (1979).

39 MARTIN-SALLER: Lehrbuch der Anthropologie, Bd. I Stuttgart, 1957.

40 MÜLLER-LIMMROTH, W.: Die physiologischen Forderungen an den Autositz. Citroen Journal 415 (1966).

41 --- Die physiologischen Grundlagen der Anforderung im Straßenverkehr, 121-173 in: WAGNER, K.; WAGNER,H,-J. (Hrsg:)Handbuch der Verkehrsmedizin Berlin-Heidelberg-New York: Springer 1968.

42 --- Fehlverhalten des Autofahrers aus der Sicht des Mediziners und Physiologen. Deutsches Autorecht 37, Nr. 11, 281-310 (1968).

43 --- Faktoren der psycho-physischen Leistungsfähigkeit bei Verkehrsbediensteten. Der Ärztliche Dienst 30, H. 10, 131-142 (1969).

44 --- Koordination - Ermüdung - Erholung. Die Rehabilitation 8, H. 2, 69-80 (1969).

45 --- Automation, nervöse Ermüdung, Erholung. Fortschr. Med. 88, Nr. 24, 913-914, 936 (1970).

46 --- Die neurophysikalischen Grundlagen der Bewegungstherapie, Zeitschrift für physikalische Medizin 2, Nr. 4, 261-176 (1971).

47 --- Physiologische Untersuchung und Erprobung von Arbeitssitzen mit verformbaren Rückenlehnen. Dem Bundesministerium für Forschung und Technologie 1981 vorgelegter Abschlußbericht.

48 NACHEMSON, A.; ELFSTRÖM, G.: Intravital Dynamic Pressure measurements in Lubar Discs. Scand. J. Rehabilitation Medicine Suppl. 1, Almqvist and Wiksell Stockholm (1970).

49 OLLEFS, H.: Zur Orthopädie des Sitzens. Z. Orthopädie 80, 573-596 (1951).

50 OXFORD, H.W.: Anthropometric data for educational chairs. Symposium Sitzhaltung, Zürich (1968).

51 PETERS, Th.: Arbeitswissenschaft für die Büropraxis. Herne: Schilling Verlag für Informationstechnik GmbH 1963.

52 --- Anthropometrische und physiologische Grundlagen zur Gestaltung von Büroarbeitssitzen. Symposium Sitzhaltung, Zürich (1968).

53 --- Anthropometrische Meßergebnisse von 1160 Büroangestellten verschiedener Altersgruppen. Arbeitsmedizin, Sozialmedizin, Arbeitshygiene. 2, 40-43 (1970).

54 PÜSCHEL, F.: Messen, Maßnehmen, Abformen am und für den menschlichen Körper. Cram, Berlin (1962).

55 RIZZI, A.: Die menschliche Haltung. Z. für Präventivmedizin. 17, 341-348 (1973).

56 ROSEMEYER, B.: Elektromyographische Untersuchungen der Rücken- und Schultermuskulatur im Stehen und Sitzen unter Berücksichtigung der Haltung des Autofahrers. Arch. orthop. Unfall-Chirurgie 71, 59-70 (1971).

57 --- Die aufrechten Körperhaltungen des Menschen. Eine vergleichende Untersuchung. Z. Orhtopädie 112, 151-159 (1974).

58 ROTZLER, W.: Zur Kulturgeschichte des Sitzens. Symposium Sitzhaltung, Zürich 1968.

59 SCHMIDTKE, H.: Ergonomie 2. Gestaltung von Arbeitsplatz und Arbeitsumwelt. München-Wien: Carl Hanser Verlag 1974.

60 SCHMITZ, H.: Das Möbelwerk. Berlin: Ernst Wasmuth Verlag (ohne Jahresangabe).

61 SCHNEIDER, H.J.; LIPPERT, H.: Das Sitzproblem in funktionell-anatomischer Sicht. Med. Klinik 27, 1164-1167 (1961).

62 SCHNELLE, H.H.: Längen-, Umfangs- und Bewegungsmaße des menschlichen Körpers. Leipzig: Joh. Ambr. Barth Verlag 1964.

63 SCHOBERTH, H.: Sitzhaltung, Sitzschaden und Sitzmöbel. Berlin: Springer Verlag 1962.

64 --- Die Wirbelsäule von Schulkindern. Orthopädische Forderungen an Schulsitze. Symposium Sitzhaltung, Zürich (1968).

65 --- Vom richtigen Sitzen am Arbeitsplatz. Gesellschaft für Humanisierung der Arbeitswelt. Minden 1978.

66 SEYSS, R.: Zur Biostatik der Wirbelsäule. Z. f. Orthopädie und ihre Grenzgebiete 102, 395-406 (1967).

67 SIMON, A.: Körpermaße als Grundlage der Arbeitsgestaltung. Mitt. IfaA. 11, 11-15 (1973).

68 WAGENHÄUSER, F.J.: Die Rheumamorbidität. Hans Huber Bern 1969

69 YAMAGUCHI, Y.: Zitiert nach E. Grandjean: Wohnphysiologie Artemis, Zürich 1973.

L E B E N S L A U F

Edmund, Albert L a m b y

Geburtsdatum	19. Juni 1936
Geburtsort	Brand bei Aachen
Vater	o.Prof. für Wasserbau und Wasserrecht, Geschäftsführer der Wasserwerks-AG Aachen, Regierungsbaumeister a.D. Edmund Lamby
Mutter	Maria, Antonia Lamby, geb. Maaßen
Verheiratet	seit 27.8.1970 mit Louise Lamby geb. Wiedenmann, Schauspielerin
Kinder	5.4.1977 Geburt der Tochter Nadine 7.2.1979 Geburt des Sohnes Philipp
Grundschule	Senheim/Mosel
Hum. Gymnasium	1950-1956 Aloisius-Kolleg der Jesuiten in Bad Godesberg 1956-1959 Kaiser-Karls-Gymnasium in Bad Aachen
Reifeprüfung	24.2.1959
Studium	1959-1963 Ausbildung zum Bauingenieur an der Technischen Hochschule in München
Beruf	1963-1966 Tätigkeit bei der Wasserwerks-AG Aachen als Bauingenieur 1966-1976 selbstständiger Betrieb eines Ingenieurbüros in München in Sozietät mit meinem Bruder Gernot Lamby
Studium	29.4.1976 ärztliche Vorprüfung an der Ludwig-Maximilians-Universität München 8.8.1979 Medizinisches Staatsexamen
Med.-Ass.-Zeit	17.9.1979-1.10.1980 am Kreiskrankenhaus Simbach am Inn
Approbation	1.10.1980
Assistenzarzt	seit dem 1.10.1980 am Kreiskrankenhaus Simbach am Inn